



Perancangan dan Pembuatan *Kwh-Meter Digital 1 Fase Berbasis Komputer PC*

Jumrianto¹, Budhi Anto², Rahyul Amri².

¹Fakultas Sains dan Teknologi, Departemen Sistem dan Teknologi Informasi, Universitas IVET,
Semarang, Indonesia

²Fakultas Teknik, Departemen Teknik Elektro Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia

Info Articles

Sejarah Artikel:

Disubmit

Direvisi

Disetujui

Keywords:

Kwh-Meter Digital, Energi
Listrik, Microcontroller
ATMega 32, Sample and Hold

Abstrak

Kwh-Meter adalah Alat Penghitung Pemakaian Energi Listrik dalam satuan Kilowatt jam. Kwh-Meter yang dipakai saat ini adalah Kwh-Meter Listrik Analog dengan ketelitian kelas 2 bekerja dengan prinsip perputaran piringan aluminium yang dihubungkan dengan pencatat mekanik yang dilengkapi dengan angka-angka. Peralatan yang penulis buat adalah Kwh-Meter Digital sebagai penghitung energi listrik menggunakan sensor arus (current transformer) dan sensor tegangan (current transformer) yang dihubungkan dengan Data Acquisition Card (DAQ) PCL818L dengan prinsip konversi sinyal-sinyal analog menjadi sinyal-sinyal digital. Pencuplikan data-data dilakukan dengan prinsip Sample and Hold, adalah suatu proses pencuplikan gelombang dengan selang waktu tertentu (tn). Data-data yang telah dicuplik dalam selang waktu tersebut dihitung dengan rumus pendekatan integral. Pencuplikan data-data dilakukan secara otomatis oleh computer dengan merancang sebuah program aplikasi khusus penghitung energi listrik menggunakan software pemrograman Borland Delphi 5. Pada program aplikasi ini, membuat sebuah program aplikasi yang dapat mendeteksi besarnya tegangan, arus, daya dan jumlah energi yang dipakai oleh beban dalam selang waktu tertentu. Data-data tegangan dan arus disajikan dalam bentuk grafik, sedangkan daya dan energi dapat dilihat langsung pada form aplikasi. Jika ingin melakukan pengolahan data yang lebih akurat, data-data dapat disimpan dalam Ms Excel.

Abstract

Kwh-Meter is a tool for calculating electricity consumption in kilowatt hours. The Kwh-Meter currently in use is an Analog Electrical Kwh-Meter with class 2 accuracy, working on the principle of rotating an aluminum disc with a mechanical recorder equipped with numbers. The equipment that the author made is a Digital Kwh-Meter as a counter for electrical energy using a current sensor (current transformer) and a voltage sensor (current transformer) against the PCL818L Data Acquisition Card (DAQ) with the principle of converting analog signals into digital signals.

Sampling of data is done with the principle of Sample and Hold, is a process of sampling waves with a certain time interval (tn). The data that has been sampled in the time interval is calculated using the integral approach formula. Sampling of data is done automatically by the computer by designing a special application program for calculating energy using Borland Delphi 5 programming software.

In this application program, create an application program that can detect the amount of voltage, current, power and the amount of energy used by the load in a certain time interval. Voltage and current data are presented in graphical form, while power and energy can be viewed directly on the application form. If you want to do more accurate data processing, the data can be saved in Ms Excel.

✉ Alamat Korespondensi:

E-mail: jumrianto@ivet.ac.id

p-ISSN 2721-8341

e-ISSN XXX-XXXX

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan yang bisa disejajarkan dengan kebutuhan pokok. Energi listrik telah merambah hampir seluruh roda kehidupan manusia. Dunia usaha, dunia industri, institusi pendidikan dan rumah tangga merupakan pemakai utama energi listrik. Tanpa energi listrik, proses produksi di pabrik tidak dapat berjalan. Dunia usaha dan dunia industri serta perkantoran akan kewalahan.

Kemajuan teknologi system komputer memungkinkan terciptanya suatu alat (interface) yang dapat menterjemahkan besaran-besaran listrik yang diterimanya, menjadi data yang dapat diolah oleh komputer menggunakan perangkat lunaknya. Oleh karena itu, tujuan dan urgensi dari penelitian ini adalah merancang dan membuat sistem akuisisi besaran tegangan dan arus yang dapat dihubungkan ke komputer PC. Selain itu juga untuk membuat program aplikasi yang dapat menghitung pemakaian energi listrik selama selang waktu tertentu dengan menggunakan bahasa pemrograman Delphi 5.

METODE

Metode yang dipakai dalam perancangan transformator pengukur tegangan dan transformator pengukur arus ini yaitu dengan menggunakan *metode area product* yang didefinisikan sebagai berikut :

$$A_p = A_c \times A_w \dots\dots\dots 2.6$$

Dengan A_p adalah area product, A_c adalah luas penampang inti tempat belitan dibelitkan, A_w adalah luas jendela inti dalam satuan m^2 .

Nilai A_p dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$S(1 + \frac{1}{\eta})$$

Dengan S adalah daya nominal transformator, dalam satuan volt-ampere, η adalah efisiensi transformator, B_m adalah rapat fluksi magnet maksimum, dalam satuan tesla, J adalah rapat arus konduktor belitan transformator, dalam satuan ampere/ m^2 , dan K_w adalah faktor penggunaan luas jendela inti dari transformator. K_w selalu lebih kecil daripada 1. f adalah frekuensi tegangan sumber, dalam satuan hertz.

Jumlah lilitan primer (N_1) dan jumlah belitan sekunder (N_2) dihitung dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut :

$$N_1 = \frac{V_1}{4,44 \cdot A_c \cdot B_m \cdot f} \quad N_2 = \frac{V_2}{4,44 \cdot A_c \cdot B_m \cdot f} \dots\dots\dots 2.8$$

Dengan V_1 adalah tegangan nominal sisi primer, dalam satuan volt. V_2 adalah tegangan nominal sisi sekunder, juga dalam satuan volt.

Diameter belitan primer (d_1) dan diameter belitan sekunder (d_2) dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$d_1 = \sqrt{\frac{4I_1}{\pi J}} \quad d_2 = \sqrt{\frac{4I_2}{\pi J}} \dots\dots\dots 2.9.$$

Dengan I_1 adalah arus nominal sisi primer, dalam satuan ampere dan I_2 adalah arus nominal sisi sekunder, dalam satuan ampere.

Metode area product dibangun dengan mengembangkan nilai regulasi tegangan pada spesifikasi transformator yang akan dibuat. Nilai regulasi tegangan pada spesifikasi adalah nilai maksimum yang diperbolehkan sewaktu menggunakan transformator yang akan dibuat. Regulasi tegangan ($VR = \text{voltage regulation}$) didefinisikan sebagai berikut :

$$VR = \frac{V_1 - V'_2}{V'_2} \dots\dots\dots 2.10$$

Dengan V'_2 adalah tegangan sisi sekunder dilihat dari sisi primer. ($V_1 - V'_2$) dapat didekati oleh persamaan berikut :

$$V_1 - V'_2 = I_1 R_{ek} \cos \theta + I_1 X_{ek} \sin \theta \dots\dots\dots 2.11$$

Dengan R_{ek} adalah total resistansi belitan primer dan belitan sekunder dilihat dari sisi primer dengan X_{ek} adalah total reaktansi bocor belitan primer dan belitan sekunder dilihat dari sisi primer. θ adalah beda fasa tegangan dan arus dari beban yang dilayani oleh transformator. Nilai X_{ek} lebih besar

daripada R_{ek} . Nilai X_{ek} ditentukan oleh bahan inti transformator serta cara menempatkan belitan primer dan belitan sekunder. X_{ek} dapat dihitung dengan rumus pendekatan berikut :

$$X_{ek} = k_I R_{ek} \dots\dots\dots 2.12$$

K_I adalah konstanta pengali. Dengan mengambil nilai $K_I = 2,5$ dan dengan menggunakan persamaan (6) dan (7) diperoleh persamaan berikut :

$$R_{ek} = \left(\frac{VR}{VR+1} \right) \left(\frac{V_1}{I_1} \right) \left(\frac{1}{\cos \theta + 2,5 \sin \theta} \right) \dots\dots\dots 2.13$$

Rugi-rugi tembaga (P_{cu}) dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$P_{cu} = (I_1)^2 R_{ek} \dots\dots\dots 2.14$$

Dengan memasukkan nilai efisiensi transformator pada beban penuh (η), maka rugi-rugi inti transformator (P_{fe}) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$P_{fe} = \left(\frac{1-\eta}{\eta} \right) S \times Pf - P_{cu} \dots\dots\dots 2.15$$

Dengan P_f adalah factor daya pada beban penuh. Selanjutnya massa bahan inti transformator dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$m_{fe} = \frac{P_{fe}}{w_{fe}} \dots\dots\dots 2.16$$

Dengan w_{fe} adalah rugi-rugi bahan per satuan massa bahan inti, dalam satuan watt/kilogram.

Jika inti transformator dibuat dengan ketebalan sebesar t , maka berdasarkan ukuran bahan inti transformator tersebut, volume inti transformator dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$V_{fe} = 6a^2 t \dots\dots\dots 2.17$$

Dengan V_{fe} adalah volume inti transformator, dalam satuan meter³ dan a adalah ukuran bahan inti transformator, dalam satuan meter. Berdasarkan dimensi inti transformator, maka area product dari inti transformator adalah sebagai berikut :

$$A_p = A_c \times A_w = (a) \times \left(\frac{3}{4} a^2 \right) = \frac{1}{8} a w_{fe} \dots\dots\dots 2.18$$

Jika massa jenis inti transformator diketahui, maka ukuran bahan inti transformator dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut :

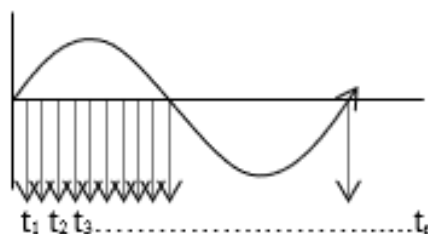
$$a = 8 P_{fe} \frac{A_p}{m_{fe}} \dots\dots\dots 2.19$$

Dengan P_{fe} adalah massa jenis bahan inti transformator, dalam satuan kg/m³.

1. Proses Sampling Data

▪ Sample and Hold

Sample and hold adalah proses pengambilan data gelombang arus bolak-balik. Pengambilan data dilakukan dengan mencuplik keadaan tertentu dari kondisi gelombang, kemudian proses pengambilan dengan mencuplik tersebut diterjemahkan kedalam besaran yang dapat dibaca dan dimengerti oleh manusia sehingga dapat diolah. Sebagai ilustrasi dari proses sample and hold dapat dilihat pada gambar dibawah:



Gambar 1. Proses Sampling data

Data yang telah dicuplik sebanyak t_n akan hitung dengan menggunakan rumus integral berikut :

$$\begin{aligned}\int_{t_1}^{t_n} f(t)dt &\approx \sum_{n=1}^{n-1} \frac{1}{2} \Delta t [f(n+1) + (n)] \dots\dots\dots 2.20 \\ &= \frac{1}{2} \Delta t \sum_{n=1}^{n-1} [f(n+1) + (n)] \\ &= \frac{1}{2} \left(\frac{t_n - t_1}{N-1} \right) \sum_{n=1}^{n-1} [f(n+1) + (n)]\end{aligned}$$

2. Slot Ekspansi

Ada beberapa jenis slot yang biasa digunakan di dalam sebuah main board komputer, diantaranya adalah :

1. Slot EISA (Extended Industry Standard Architecture) : dapat menerima jenis card ISA 8 bit ,card ISA 16 bit dan EISA.
2. Slot ISA (Industry Standard Architecture) : dapat menampung adafter board 8 bit dan dan 16 bit dengan kecepatan 6 Mhz.
3. Slot PCI (Peripheral Componen Interconnect) : bisa digunakan hanya untuk jenis card PCI 32 bit, namun mempunyai kemampuan lebih besar dan lebih cepat daripada ISA dan EISA.
4. PCI Express (PCI-E/PCIex) adalah slot ekspansi module, di desain untuk menggantikan PCI bus yang lama. PCI Express memiliki transfer data yang lebih cepat, terutama untuk keperluan grafis 3D. Slot ini memiliki kecepatan 1x, 2x, 4x, 8x, 16x and 32x, tidak seperti PCI biasa dengan sistim komunikasi paralel. PCI Express menggunakan sistem serial dan mampu berkomunikasi 2 kali (tuliskan/baca) dalam satu rute clock.
5. Slot AGP (Accelerated Graphics Port) adalah slot yang bekerja kusus sebagai pendukung kartu grafis berkinerja tinggi, menggantikan bus ISA, bus VESA atau bus PCI yang sebelumnya digunakan. [5]

3. Data Acquisition Card (DAQ) PCL-818L

PCL-818L adalah data acquisition card multifungsi untuk IBM PC/XT/AT atau komputer jenis lain yang menggunakan slot ISA/EISA. Dapat digunakan untuk proses pengukuran dan proses kontrol. Dengan 12 bit Analog to Digital converter (ADC), Digital to Analog Converter (DAC) digital input, digital output dan timer/counter.

Data Acquisition Card ini juga dilengkapi dengan rangkaian scan channel otomatis, yang dengan ini kita bisa memilih channel pengukuran yang kita kehendaki dengan memberikan control word pada alamat yang telah ditentukan.

4. Spesifikasi PCL-818L

- Konsumsi daya :
 - +5 volt : 210 mA typical, 500 mA max.
 - +12 volt : 20 mA typical, 100 mA max
 - 12 volt : 20 mA typical, 40 mA max.
- I/O connector : 20 pin dan DB 37 pin.
- Analog input/output/counter connector : DB 37.
- I/O base : bisa diatur dengan jumper, sedangkan alamat dasar 300 Heksa.
- Temperatur kerja : 0 sampai +50 ° C.
- Temperatur penyimpanan :- 20 sampai +65°C.

5. Analog to Digital Converter

- Channel : 16 single ended, 8 differential dengan switch yang bisa diatur.
- Resolusi : 12 bit.
- Range Input (Bipolar dan Vdc) : $\pm 0.625, \pm 1.25, \pm 2.5, \pm 5$ atau $\pm 1.25, \pm 2.5, \pm 5, \pm 10$ volt.
- Tegangan lebih : ± 30 Volt secara terus menerus.
- Type konversi : SAR (Successive approximation).
- Kecepatan konversi : 40 KHz max.
- Accuracy : $\pm (0,01\%$ dari pembacaan), ± 1 bit.
- Linearitas : Linearitas 1 bit.
- Mode trigger : Software trigger, trigger onboard yang bisa di program dan trigger eksternal.

- External trigger : TTL compatible. Beban maksimum 0,4 mA pada 0,5 volt dan – 0,05 mA pada 2,7 volt.
- Transfer data : Program, Interrupt atau DMA.

CN3 (Single ended)			
A/D S0	1	20	A/D S8
A/D S1	2	21	A/D S9
A/D S2	3	22	A/D S10
A/D S3	4	23	A/D S11
A/D S4	5	24	A/D S12
A/D S5	6	25	A/D S13
A/D S6	7	26	A/D S14
A/D S7	8	27	A/D S15
A.GND	9	28	A.GND
A.GND	10	29	A.GND
VREF	11	30	DA0.OUT
S0*	12	31	DA0.VREF
+12 V	13	32	S1*
S2*	14	33	S3*
D.GND	15	34	D.GND
NC	16	35	EXT.TRIG
Counter	17	36	Counter 0
Counter	18	37	PACER
+5 V	19		

Gambar 2. Connector DB 37



Gambar 3. Data Acquisition Card PCL-818L

6. Bahasa Pemrograman

▪ Borland Delphi

Program yang dibuat dengan delphi umumnya melibatkan modul-modul kode sumber yang disebut UNIT. Setiap unit disimpan pada berkas tersendiri berupa ekstensi .PAS. dan akan dikompilasi secara terpisah.

Setiap perubahan pada form, akan berakibat perubahan pada unit yang kita miliki. Berikut adalah contoh struktur sebuah unit.

```
unit Unit1;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs;
type
  TForm1 = class(TForm)
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
var
  Form1: TForm1;
implementation
{$R *.DFM}
end.
```

7. Perancangan Hardware Dan Software

▪ Perancangan Hardware Transformator

Pada bab ini akan dibahas prosedur perancangan transformator tegangan dan transformator arus yang digunakan sebagai sensor arus dan sensor tegangan yang mengalir menuju beban, dengan menggunakan metode area product. Parameter-parameter yang perlu ditentukan adalah :

1. Tentukan spesifikasi transformator yang akan dibuat, spesifikasi transformator ditentukan oleh nilai-nilai VA Burden, V_p, V_s, f dan η .
2. Tentukan parameter-parameter perancangan transformator yaitu nilai-nilai B_m, J , dan K_w .
3. Hitung terkaan awal luas penampang inti tempat melilitkan belitan transformator.
4. hitung luas jendela inti transformator
5. Pilih ukuran inti yang transformator yang memenuhi kebutuhan luas jendela.
6. hitung kembali luas penampang inti tempat melilitkan belitan transformator.
7. Hitung jumlah belitan primer dan belitan sekunder.
8. Hitung diameter belitan primer dan belitan sekunder.

▪ **Transformator Tegangan**

Transformator yang akan dibuat adalah transformator penurun tegangan dari tegangan 220 V menjadi tegangan yang dapat diukur dan sesuai dengan jangkauan tegangan Data Acquisition Card (DAQ), dengan spesifikasi sebagai berikut :

Langkah yang dilakukan untuk mendesain sebuah transformator tegangan adalah :

1. Menentukan VA Burden = 0,6 VA.
2. Menentukan besarnya tegangan sekunder = $V_s = 5 V_{AC}$
3. Menentukan besarnya arus sekunder = $I_s = V_A / V_s = 0,6 / 5 = 0,12 A$
4. Menentukan lilitan sekunder = N_s
 $V_p = 220 \text{ Volt}$
 $V_s = 5 \text{ Volt}$
 $N_p = 1000 \text{ lilitan}$
 $V_s / V_p = N_s / N_p = I_p / I_s$
 $N_s = 1000 \times 5 / 220 = 21 \text{ lilitan}$
5. Menentukan luas jendela inti dalam satuan $\text{mm}^2 = A_w$
 Untuk menentukan A_w harus juga diketahui parameter perancangan yang terdiri dari :
 $K_w = 0,2$
 $B_m = 0,3 \text{ tesla}$
 $J = 2 \text{ A/mm}^2$
 $K_f = 1,11$

$$A_w = \frac{N_p I_p + N_s I_s}{K_w + J}$$

$$I_p = N_s \times I_s / N_p = 21 \times 0,13 / 1000 = 0,00273 A$$

$$A_w = \frac{1000 \times 0,00273 + 21 \times 0,13}{0,2 \times 2} = \frac{2,73 + 2,73}{0,4}$$

$$= 13,6 \text{ mm}$$

6. Menentukan luas penampang inti = A_c

$$V_s = 4,44 \times A_c \times B_m \times F \times N_s$$

$$A_c = \frac{V_s}{4,44 \times B_m \times F \times N_s} = \frac{5}{4,44 \times 0,3 \times 50 \times 21}$$

$$= \frac{5}{1398,6 \times 10^{-3}} = 3,5 \text{ mm}^2$$

7. Menentukan diameter kawat belitan primer = d_p

$$d_p = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \frac{I_p}{J}} = \sqrt{1,27 \times \frac{0,00273}{2}}$$

$$= \sqrt{0,001734} = 0,042 \text{ mm}$$

8. Menentukan diameter kawat belitan sekunder = d_s

$$d_s = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \frac{I_s}{J}} = \sqrt{1,27 \times \frac{0,13}{2}}$$

$$= \sqrt{0,083} = 0,28 \text{ mm}$$

▪ Transformator Arus

Transformator arus disini digunakan sebagai pendeteksi arus beban yang digunakan oleh pemakai.

Langkah yang dilakukan untuk mendesain sebuah transformator arus adalah :

1. Menentukan VA Burden = 0,6 VA.
2. Menentukan besarnya tegangan sekunder = $V_s = 5 V_{AC}$.
3. Menentukan besarnya arus sekunder = $I_s = VA/V_s = 0,6/5 = 0,12 A$
4. Menentukan besarnya tahanan pada rangkaian tertutup pada bagian sekunder = $R = V_s/I_s = 5/0,12 = 41,66 \Omega$.
5. menentukan daya yang digunakan oleh tahanan (P)
 $I^2 R = 0,12^2 \times 42 = 0,60 \text{ watt}$.
6. Menentukan lilitan sekunder = N_s
 $N_p = 2 \text{ lilitan}$
 $I_p = 5 \text{ Amper}$
 $N_p \times I_p = N_s \times I_s$
 $N_s = N_p \times I_p / I_s$
 $N_s = 2 \times 5 / 0,12 = 83,33 \text{ lilitan} = 84 \text{ lilitan}$
7. Menentukan luas jendela inti dalam satuan $\text{mm}^2 = A_w$
Untuk menentukan A_w harus juga diketahui parameter perancangan yang terdiri dari :
 $K_w = 0,2$
 $B_m = 0,3 \text{ tesla}$
 $J = 2 \text{ A/mm}^2$
 $K_f = 1,11$

$$A_w = \frac{N_p I_p + N_s I_s}{K_w J}$$

$$A_w = \frac{(2 \times 5) + (84 \times 0,12)}{0,2 \times 2} = 50,2 \text{ mm}^2$$

8. Menentukan luas penampang inti = A_c

$$V_s = 4,44 \times A_c \times B_m \times F \times N_s$$

$$A_c = \frac{V_s}{4,44 \times B_m \times F \times N_s} = \frac{5}{4,44 \times 0,3 \times 50 \times 84}$$

$$= \frac{5}{5594,4 \times 10^{-3}} = 0,89 \text{ mm}^2$$

9. Menentukan diameter kawat belitan primer = d_p

$$d_p = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \frac{I_p}{J}} = \sqrt{1,27 \times \frac{5}{2}}$$

$$= \sqrt{3,17} = 1,78 \text{ mm}^2$$

10. Menentukan diameter kawat belitan sekunder = d_s

$$d_s = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \frac{I_s}{J}} = \sqrt{1,27 \times \frac{0,12}{2}}$$

$$= \sqrt{0,076} = 0,27 \text{ mm}^2$$

8. Data Acquisition Card PCL-818L

▪ Base address (alamat dasar)

PCL-818L Data Acquisition Card mempunyai alamat dari 000 heksa sampai dengan 3FF heksa. Sedangkan pada peralatan yang penulis buat ini menggunakan alamat dasar (Base address) 300 Heksa.

Konfigurasi dari setting jumper untuk pemilihan alamat dari Data Acquisition Card PCL-818L ini adalah :

Tabel 1. Card I/O Address (Sw1)

Card I/O address (SW1)						
Range	Posisi Switch					
	1	2	3	4	5	6
000 – 00F	●	●	●	●	●	●
010 – 01F	●	●	●	●	●	○
:						
200 – 20F	○	●	●	●	●	●
210 – 21F	○	●	●	●	●	○
:						
*300 – 30F	○	○	●	●	●	●
:						
3F0 – 3FF	○	○	○	○	○	○

● On ○ Off * = Default

Switch 1-6 control bus alamat PC

Switch	1	2	3	4	5	6
Line	A9	A8	A7	A6	A5	A4

9. Perancangan Software

Proses Inisialisasi Data Acquisition Card Pcl-8181

DAQ yang penulis gunakan ini berada pada alamat standar (base address alamat 300H. alamat ini didapat dengan mengatur setting jumper pada SW1.

1. Cuplikan program untuk mengakses port dari bahasa tingkat rendah adalah :

```
Function DataA:Byte;
Begin
  asm
    mov dx,300H;
    in al,dx
    mov @Result,al
  end
end;
```

```
function DataB:byte;
label ulang3;
begin
  asm
    mov dx,301H;
    in al,dx
    mov @Result,al
  end
end;
```

2. Cuplikan pengambilan dan pengolahan data oleh bahasa tingkat tinggi dalam hal ini bahasa pemrograman delphi, sebagai berikut :

```
procedure TForm1.BitBtn6Click(Sender: TObject);
label ulang,tunggu,tunggu1,tunggu2;
begin
  BitBtn5.enabled:=false;
  S:=0;
  T:=0;
  U:=0;
  i:=1;
  ulang:
  Timer2.enabled:=true;
  Baca_Data;
  Delay;
  DataTeg1_Int:=DataA;
  DataTeg2_Int:=DataB;
  if DataTeg2_Int >= 128 then
    begin
      V1[i]:=((DataTeg1_Int/16)+(DataTeg2_Int*16)-2048)*0.00488)*68.75;
```

```

    V2[i]:=sqr(V1[i]);
    end;
if DataTeg2_Int < 128 then
begin
    V1[i]:=-(((2048-(DataTeg1_Int/16)-(DataTeg2_Int*16))*0.00488)*68.75);
    V2[i]:=sqr(V1[i]);
    end;
Baca_Data;
Delay;
DataArs1_Int:=DataA;
DataArs2_Int:=DataB;
if DataArs2_Int >= 128 then
begin
    I1[i]:=-(((DataArs1_Int/16)+(DataArs2_Int*16)-2048)*0.00488)*7.5;
    I2[i]:=sqr(I1[i]);
    end;
if DataArs2_Int < 128 then
begin
    I1[i]:=-(((2048-(DataArs1_Int/16)-(DataArs2_Int*16))*0.00488)*7.5);
    I2[i]:=sqr(I1[i]);
    end;
if i < 2 then
begin
    i:=i+1;
    tunggu:
    z:=y ;
    if z=true then
        goto tunggu
    else
        goto ulang;
    end
else
    if i < 22 then
begin
    S:=(V2[i]+V2[i-1]+S);
    T:=I2[i]+I2[i-1]+T;
    U:=((V1[i]*I1[i])+(V1[i-1]*I1[i-1])+U)*;
    V:=((V1[i]*I1[i])+(V1[i-1]*I1[i-1])+V);
    i:=i+1;
    tunggu1:
    z:=y ;
    if z=true then
        goto tunggu1
    else
        goto ulang;
    end
else
    V:=((V1[i]*I1[i])+(V1[i-1]*I1[i-1])+V);
    i:=i+1;
    if i < 502 then
begin
    tunggu2:
    z:=y ;
    if z=true then
        goto tunggu2
    else
        goto ulang;
    end
end

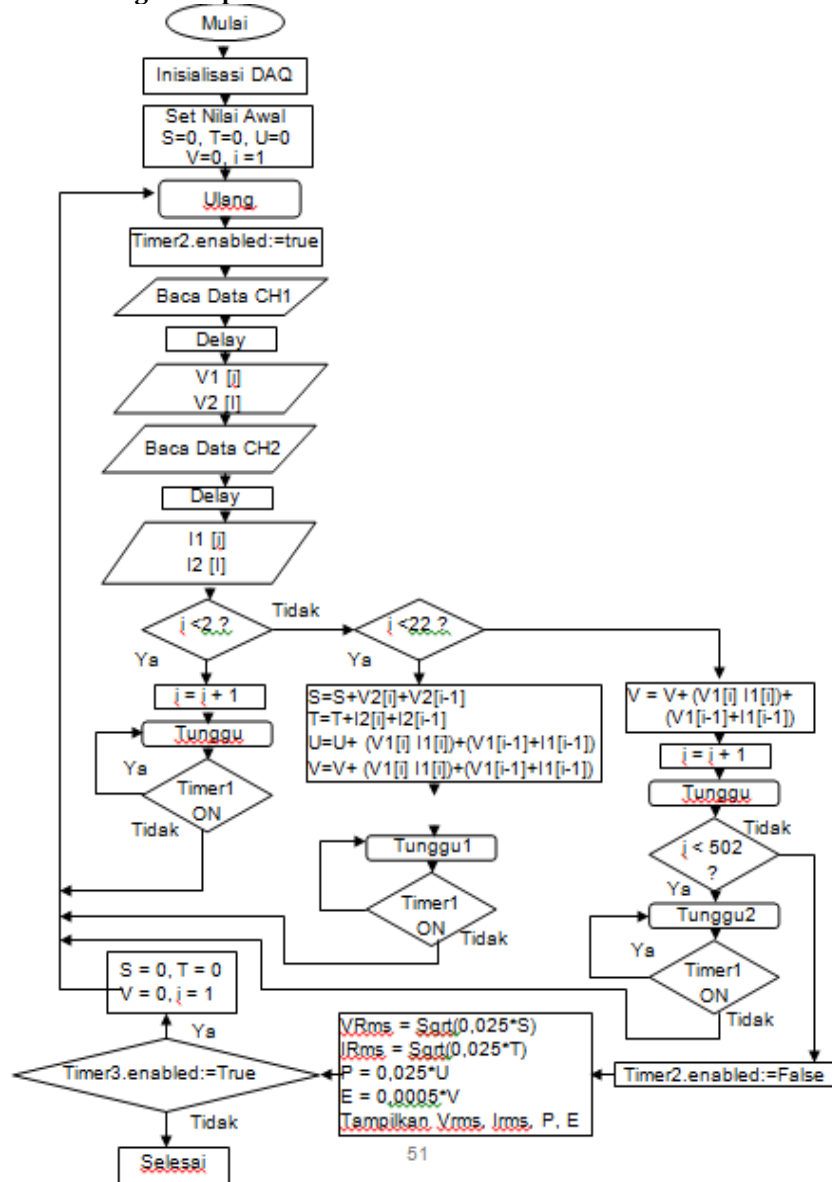
```

```

else
timer2.enabled:=false;
VRms_Re:=((Sqrt(0.025*S)));
Str(VRms_Re:6:2,VRms_Str);
edit3.text:=VRms_Str;
IRms_Re:=((Sqrt(0.025*T)));
Str(IRms_Re:6:2,IRms_Str);
Edit4.text:=IRms_Str;
Daya_Re:=((0.025*U));
Str(Daya_Re:6:2,Daya_Str);
edit3.text:=Daya_Str;
Energi_Re:=(0.0005*V)/3600;
Str(Energi_Re:6:4,Energi_Str);
Edit6.text:=(Energi_Str);
timer3.enabled:=True;
end;

```

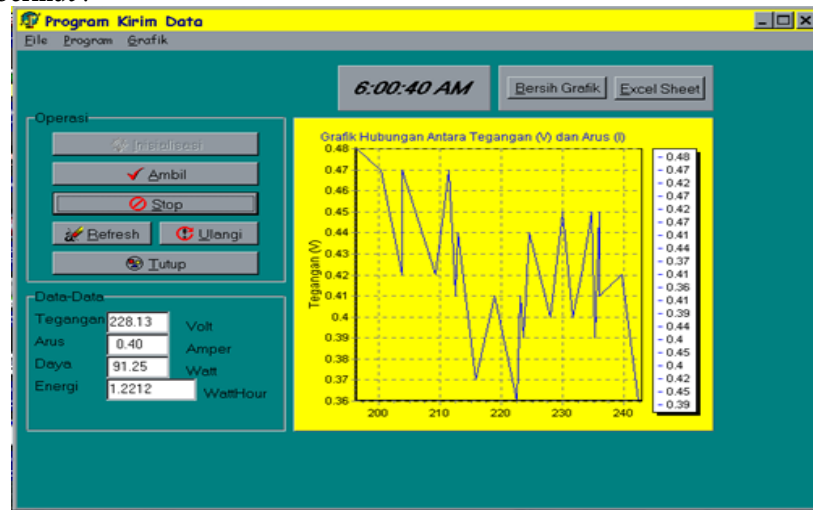
▪ Flow Chart Program Aplikasi



Gambar 4. Rancangan Form

Hasil Perancangan

Dari gabungan beberapa komponen yang dibutuhkan dalam perancangan ini, digunakan komponen penunjang atau komponen pokok, di dapat hasil perancangan akhir Software sebagai berikut :



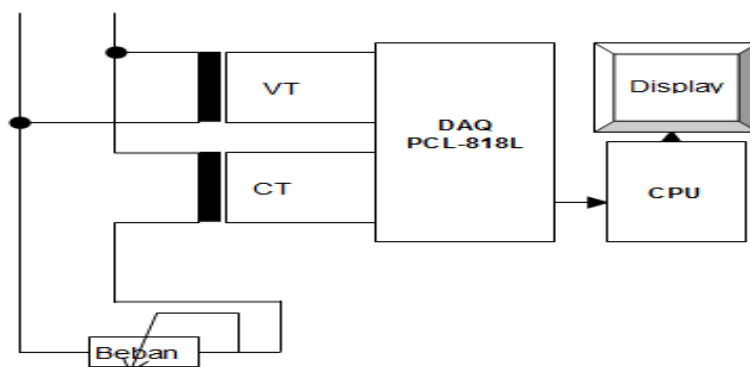
Gambar 5. Rancangan Form

Dari gambar terlihat bahwa software yang penulis buat disini di kelompokkan kedalam tiga bagian antara lain :

1. Kelompok Pengoperasian Program
Kelompok ini terdiri dari tombol-tombol : inisialisasi, ambil, stop, refresh, ulangi, tutup.
2. Kelompok Data-data
Sedangkan kelompok data-data terdiri dari : Data besarnya tegangan, besarnya arus, daya dan jumlah pemakaian energi.
3. Kelompok Grafik
Bagian ini terdiri dari : tombol untuk membersihkan grafik, tombol untuk mengirimkan data yang diambil ke MsExcel untuk dilakukan pengolahan dan analisa.

Blok Diagram

Berikut Blok Diagram perangkat yang dibuat :



Gambar 6. Rancangan Form

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisa HARDWARE

Trafo Arus (CT) dan Trafo Tegangan (VT).

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada transformator arus dan transformator tegangan yang telah penulis lakukan, didapatkan data-data seperti diperlihatkan pada tabel-tabel berikut :

Tabel 2. Hubungan Antara Arus, Tegangan Dan Daya Beban Dengan Tegangan Sekunder Trafo Arus (Ct) Dan Trafo Tegangan (Vt).

Beban	Tegangan Beban (Volt)	Arus Beban (Amper)	Daya Beban (Watt)	Tegangan VT (Volt)	Tegangan CT (Milivolt)
R $P = 3 \times 110 \text{ W}$	222	0,20	40	5	23
	222	0,40	100	5	42
	222	0,53	130	5	56
	222	0,81	175	5	87
	222	1,01	217	5	112
	222	1,20	260	5	137
	222	1,40	300	5	167
L $Q = 3 \times 85 \text{ VAr}$	222	0,13	3,5	5	28
	222	0,31	9	5	46
	222	0,62	14	5	82
	222	0,76	17	5	100
	222	0,96	19	5	123
	222	1,2	30	5	168
	222	0,21	0,5	5	20
C $Q = 3 \times 85 \text{ VAr}$	222	0,32	0,6	5	30
	222	0,54	1,0	5	53
	222	0,68	1,2	5	70
	222	0,90	2,0	5	97
	222	1,0	2,2	5	111
	222	1,20	2,4	5	140

Dari data diatas dapat ditentukan faktor pengali (K) untuk penyesuaian antara tegangan, arus dan daya yang terukur pada beban dengan tegangan, arus dan daya yang terukur pada software. Untuk menentukan faktor pengali (K) tersebut didapatkan rumus antara lain :

1. Untuk menentukan faktor pengali tegangan

$K = \text{Tegangan beban } (V_L) / \text{Tegangan trafo tegangan } (V_{VT})$

$V_L = 220 \text{ volt}$

$V_{VT} = 5 \text{ volt}$

$$K = \frac{220}{5} = 44$$

2. Untuk menentukan faktor pengali arus :

$$K = \frac{(IL1 + IL2 + IL3 + \dots + IL7 / 7)}{(VCT1 + VCT2 + VCT3 + \dots + VCT7 / 7)}$$

$I_L = 0,9 \text{ Amper}$

$V_{CT} = 0,12 \text{ volt}$

$$K = \frac{0,9}{0,12} = 7,5$$

2. Pembahasan Secara Keseluruhan

Ada keterkaitan yang sangat erat antara hardware dan software.. Tanpa hardware, software tidak akan berjalan, begitu juga sebaliknya tanpa software, hardware juga tidak akan dapat dioperasikan.

Setelah dilakukan proses pengambilan data-data pada alat yang penulis buat ini, yang diamati selama ± 1 jam untuk setiap besarnya arus yang berbeda. Dimulai dari jam 11:25 sampai dengan 17:25, jadi total waktu pengujian $\pm$ selama 7 jam. Didapat data-data seperti tabel berikut ini :

Tabel. 3. Pengambilan Data Energi Menggunakan Beban R, L Dan C

No	Jam	VL	IL	PL	Energi (WattHour)						
					1m	5m	10m	20m	30m	45m	60m
1	11:25	220	0,2	44	0,75	,9	7,1	13,5	20,3	31	39
2	12:25	220	0,4	88	1,3	7,1	13,1	27	39	62	78
3	13:25	220	0,68	149,6	2,9	13	28	55	80	120	158
4	14:25	220	0,88	193,6	3,1	18	36,4	68,2	102	150	201
5	15:25	220	1,09	239	3,6	21	42,5	80,3	120	184	250
6	16:25	220	1,32	290	4,6	27	60	82,1	123	220	298
7	17:25	220	1,57	345	6,7	30	61,2	123	270	183	357

Diketahui :

$t = 21 \text{ milidetik}$

$N = 20 \text{ kali sampling}$

$T = 20 \text{ milidetik}$

$V1[i] := (((\text{DataTeg1_Int} / 16) + (\text{DataTeg2_Int} * 16) - 2048) * 0.00488) * 44;$

V2[i]:=sqr(V1[i]);

V1[i]:=-(((2048-(DataTeg1_Int/16)-(DataTeg2_Int*16))*0.00488)*44);

V2[i]:=sqr(V1[i]);

I1[i]:=((DataArs1_Int/16)+(DataArs2_Int*16)-2048)*0.00488*7.5;

I2[i]:=sqr(I1[i]);

I1[i]:=-(((2048-(DataArs1_Int/16)-(DataArs2_Int*16))*0.00488)*7.5);

I2[i]:=sqr(I1[i]);

S:=V2[i]+V2[i-1];

T:=I2[i]+I2[i-1];

U:=((V1[i]*I1[i])+(V1[i-1]*I1[i-1])+U)*;

V:=((V1[i]*I1[i])+(V1[i-1]*I1[i-1])+V);

Perhitungan Energi :

Diketahui : ΔT : 1 milidetik = 0,001 detik

$$E = \frac{1}{T} \left(\int_0^t f(t) dt \right)$$

$$= \frac{1}{2} \Delta T \sum_{i=2}^{N-1} [V1(i).I1(i) + V1(i-1).I1(i-1)]$$

$$= \left(\frac{1}{2} \Delta T \sum_{i=2}^{N-1} [V1(i).I1(i) + V1(i-1).I1(i-1)] \right)$$

$$= \frac{1}{2} (0,001) \times \sum_{i=2}^{N-1} [V1(i).I1(i) + V1(i-1).I1(i-1)]$$

$$= (0,0005) \times \sum_{i=2}^{N-1} [V1(i).I1(i) + V1(i-1).I1(i-1)]$$

KESIMPULAN

Alat yang penulis buat terdiri dari sebuah transformator tegangan dan transformator arus yang berfungsi sebagai sensor arus dan sensor tegangan dalam hal ini penulis golongan sebagai hardware, memberikan simulasi dasar bagaimana proses sampling sebuah gelombang tegangan dan arus bolak balik yang selanjutnya diolah oleh software yang penulis rancang dengan menggunakan bahasa pemrograman Delphi.

Dalam software ini penulis mensimulasikan proses penghitungan energi listrik yang dipakai oleh sebuah beban dalam waktu tertentu dengan menggunakan pendekatan numerik terhadap rumus integral. Sistem pengukuran energi listrik ini masih perlu disempurnakan dengan penelitian lebih lanjut. Untuk tahap ini penulis merancang perangkat ini dengan rating 5 Amper dengan jangkauan tegangan maksimal 230 Volt.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ibnubahrulrama.blogspot.co.id/, "Kwh Meter Analog." 2013.
- [2] L. Umanand S.R. Bhat, "Design of Magnetic Components for Switched Mode Power Converters." 1992.
- [3] A. K. T. B. L. Theraja, "A Textbook of Electrical Technology in SI Units Volume 2." S Chand & Co Ltd.
- [4] B. Anto, "Dosen Teknik Elektro Universitas Riau, Pekanbaru.pdf." 2001.
- [5] Mbahasilmu.blogspot.co.id, "Slot Ekspansi," pp. 8–11, 2016.
- [6] C. Features and C. Specifications, "PCL-818 Series PCL-818L / H," *Plug-in Data Acquis. Control*, no. 8254, pp. 12–15.
- [7] L. Elka, "Pelatihan Delphi untuk Pemula," no. November, pp. 1–37, 2001.